

ожидать, что состояние поверхностных водных объектов улучшится, в первую очередь, не вызовет дефицита кислорода и увеличения содержания органических веществ.

Проблема рационального использования и охраны водных ресурсов относится к одной из наиболее значимых экологических проблем для водных объектов. Современное состояние поверхностных вод является следствием коренных преобразований водного режима в прошлом и интенсивного хозяйственного использования водных ресурсов в настоящее время.

Экологическая безопасность поверхностных водных объектов определяется в первую очередь не качеством очищенных сточных вод, сбрасываемых в водоприемники после городских очистных сооружений, а качеством вод, поступающим в них, как по системам дождевой канализации, так и в свободном режиме.

#### Литература

1. Морозько А. Г., Лён Е. С. Анализ состояния водных ресурсов Республики Беларусь/ Сахаровские чтения, 2016. – 253–254 с.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ВОДОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ТОМСКИМ ПОДЗЕМНЫМ ВОДОЗАБОРОМ, НА ОСНОВЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ (ТОМСКИЙ РАЙОН)**

**О.Н. Смышляева**

Научный руководитель доцент Е. Ю Пасечник, доцент К. И. Кузеванов.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В г. Томске является приоритетным использование для питьевого водоснабжения подземных вод, поскольку поверхностные водотоки претерпевают мощную антропогенную нагрузку. Подземные воды территории Обь-Томского междуречья (ОТМ) достаточно надежно защищены слабопроницаемыми глинистыми отложениями от поверхностного загрязнения, однако зачастую по качеству они не удовлетворяют требованиям СанПиН, так как для Западно-Сибирского региона характерно высокое содержание железа, марганца, а на отдельных участках – азотсодержащих веществ [2].

В 1973 г. Томский подземный водозабор запустил в эксплуатацию первые скважины на территории ОТМ, эксплуатирующие воды палеогенового водоносного комплекса. В настоящее время водозабор включает 198 скважин, в режиме обычной нагрузки в работе находятся 95 скважин. В результате активного использования подземных вод территории ОТМ сформировалась обширная зона влияния (воронка депрессии). Восполнение запасов вод эксплуатируемого водоносного горизонта формируется за счёт инфильтрации атмосферных осадков первого от поверхности водоносного комплекса, и по данным Ю.В. Макушина (Отчет «Переоценка эксплуатационных запасов подземных вод Томского месторождения», 2005 г) около 25 % всех ресурсов комплекса поступает из нижележащего мелового водоносного горизонта. Таким образом, за время эксплуатации палеогенового водоносного горизонта произошли некоторые изменения в химическом составе. Наиболее наглядно это можно проследить по изменению содержания в пробах воды, отобранных из эксплуатационных скважин в разное время, концентрации хлорид-иона, содержание которого в палеогеновом водоносном горизонте – 0,72-17,70 мг/л; в меловом – 3,9...1874 мг/л [2].

Фоновый состав подземных вод палеогенового водоносного горизонта до начала эксплуатации Томского водозабора не принимал критических значений в содержании концентрации хлорида-иона, но в период активного использования с 1973-2000 гг. в большей части водозабора его содержание увеличивается (рисунок 1). За последние два десятилетия 2001-2017 гг. концентрация хлорида в скважинах первой очереди выравнилась по разным скважинам (не более 10 мг/л) и приняла региональный фон, а в некоторых скважинах даже понизилась по сравнению с годами начала эксплуатации. Это может быть вызвано значительным уменьшением нагрузки на первую очередь и восстановлением уровня подземных вод. Максимальное значение концентрации хлорид-иона и минерализации превышающих ПДК СанПиН 2.1.4.1074-01 наблюдается в конце второй очереди (скв. 125э – 127э). Изменения минерализации во времени показывают, что для участков повышенной минерализации в период эксплуатации водозабора характерно ее незначительное снижение на 0,1 – 0,2 г/л за счет увеличения области влияния эксплуатационных скважин и привлечения менее минерализованных вод вышележащих горизонтов. Однако в некоторых участках водозабора наблюдается увеличение минерализации с глубиной скважин (рисунок 2).

В настоящее время основная нагрузка приходится на эксплуатационные скважины третьей очереди. Интенсивная эксплуатация скважин третьей очереди водозабора с удельным водопритокотом 6,7-7,7 м<sup>3</sup>/сут. (что значительно выше проектного – 6,4 м<sup>3</sup>/сут) в течение всего периода эксплуатации привели к тому, что за непродолжительный период эксплуатации (от 1 до 7 лет) сработка уровней подземных вод в среднем составила 5,4 м (от 0,8 до 8,1 м). Это немного, если учесть, что допустимые понижения здесь возможны до 30 м (допустимая сработка уровней – 50 м абс. отметки). Восполнение подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта осуществляется за счет перетока из смежных водоносных горизонтов. В наши дни, интенсивная эксплуатация скважин третьей очереди привела к существенному изменению уровня подземных вод в эксплуатируемом водоносном горизонте и превышает допустимое понижение, мы видим повышение содержание хлорид-иона в скважине 151э [3].

Большое значение для величины перетока имеет степень изменения гидродинамических условий рассматриваемых водоносных систем. Поскольку третья очередь пробурена достаточно глубокими скважинами и разделяющим водоупорным горизонтом между эксплуатируемым палеогеновым и верхнемеловым водоносными

комплексами служат глины люлинворской свиты, а также присутствие литологических окон. Для гидродинамического моделирования была выбрана скважина с максимальным значение концентрации хлорид-иона (скв 151э). В результате получаем наблюдательную сетку (700х700) с понижениями.

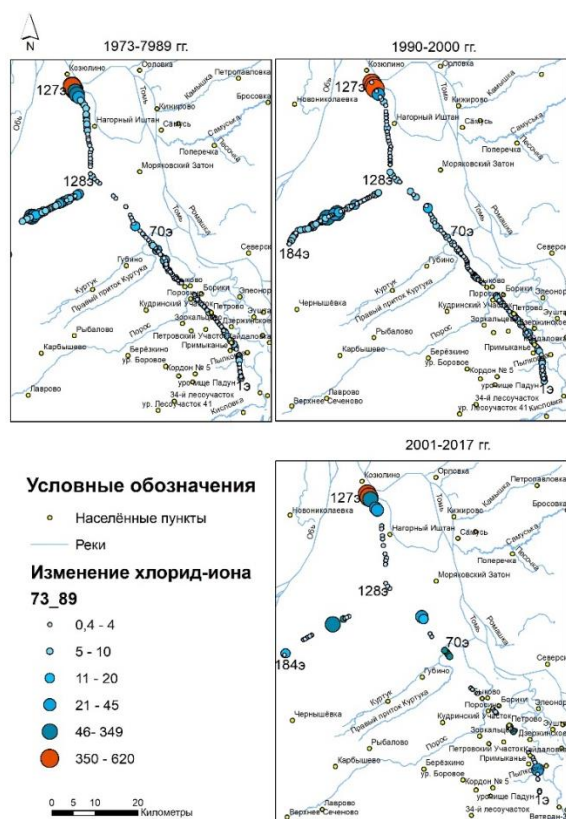


Рис. 1 Изменение содержания хлорид-иона за разные периоды эксплуатации



Рис. 2 Связь между значениями глубины эксплуатируемых скважин и минерализации

Понижение в расчетной сетке рассчитывается по следующей формуле:

$$S_1^0 = \frac{Q_1}{4\pi km} \ln \frac{2.25at_1}{r_{\text{скв}}^2},$$

где  $S_0$  - понижение уровня в эксплуатационной скважине м;  
 $Q$  – расход скважины;  
 $km$  - коэффициент водопроводимости, м<sup>2</sup>/сут;  
 $a$  – коэффициент пьезопроводности, м<sup>2</sup>/сут;  
 $r_k$  - радиус вектор, на конце которого определяется понижение, м;  
 $t$  – время работы скважины, сут.

Понижение в скважине 151э составляет  $S = 5,72$  м, перетекание из верхнего (четвертичного) питающего слоя составляет  $Q_{\text{п-ия}} = 138,35$  м<sup>3</sup>/сут, а перетекание из нижележащего (мелового) питающего слоя  $Q_{\text{п-ия}} = 219,35$  м<sup>3</sup>/сут. На третьей очереди водозабора сработка уровней подземных вод эксплуатируемого комплекса составляет 4,56 - 5,35 м., следовательно, различные объемы перетоков и появление гидрогеохимических аномалий можно объяснить только различной степенью деформированности и соответственно изменением проницаемости водоупорных горизонтов на данных участках.

Так изменяя параметры мощности нижнего раздельного полупроницаемого слоя, а также коэффициента фильтрации можно проследить как изменяется величина перетока из нижележащего (мелового) водоносного комплекса в эксплуатируемый палеогеновый водоносный комплекс. Восходящий график наблюдается при увеличении коэффициента фильтрации, то есть с увеличением коэффициента фильтрации увеличивается водопиток, обратная зависимость (нисходящий график) наблюдается при увеличении мощности раздельного полупроницаемого слоя уменьшается водопиток в палеогеновый водоносный горизонт.

#### Литература

1. Колоколова О. В. Геохимия подземных вод района Томского водозабора (Томская область): диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: Спец. 25.00.07 / О. В. Колоколова; Российская академия наук (РАН), Сибирское отделение (СО), Институт геологии нефти и газа (ИГНГ); науч. рук. С. Л. Шварцев. –197 с.

2. Попов В. К. Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь-Томского междуречья / В.К. Попов, О.Д. Лукашевич, В.А. Коробкин, В.В. Золотарева, Ю.Ю. Галямов. Томск: Изд-во Томского архитектурно-строительного университета, 2003. – 174 с.
3. Попов В. К. Формирование и эксплуатация подземных вод Обь-Томского междуречья / В.К. Попов, В.А. Коробкин, Г.М. Рогов, О.Д. Лукашевич, Ю.Ю. Галямов, Б.И. Юргин, В.В. Золотарева. Томск: Изд-во Томского архитектурно-строительного университета, 2002. – 138 с.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА ПОДОТВАЛЬНЫХ ВОД ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БАЙМСКОЙ МЕДНОРУДНОЙ ЗОНЫ (ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)**

**Н.А. Стрильчук**

Научный руководитель к.г.-м.н. Д.А. Яблонская

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия**

Проект освоения Баймсской рудной зоны, ресурсный потенциал которой высоко оценен специалистами, включен в Стратегию социально-экономического развития Чукотского автономного округа на ближайшие годы. Основными перспективными объектами, входящими в состав Баймсской площади, являются медно-порфировое месторождение Песчанка и проявления Находкинского рудного поля, промышленная отработка которых может спровоцировать появление агрессивных кислых дренажных вод с повышенной минерализацией и высокими содержаниями токсичных металлов, формирующихся при окислении складированных в отвалы геологических материалов (сульфидсодержащих вмещающих пород и забалансовых руд). Поступление таких дренажных вод в водотоки приводит к изменению состава природных вод, снижению их качества и, в конечном итоге к деградации сопряженных компонентов природной среды.

Моделирование состава подотвальных вод проводилось для пород Баймсской меднорудной зоны, находящейся в пределах Билибинского муниципального района Чукотского АО, в 280 км юго-западнее г. Билибино. Баймсская площадь расположена в юго-восточной части Олойского металлогенического пояса и сложена верхнеюрскими вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями. Меднорудные объекты зоны локализованы в раннемеловых монзонитовых и диоритовых интрузивных комплексах, внедрение которых сопровождалось обширными гидротермальными изменениями пород. Порфировое Cu–Mo-оруденение пространственно связано с каливошпатовыми и кварц–серицитовыми зонами, включающими штокверки кварцевых жил и прожилки с борнитом, халькопиритом, молибденитом, пиритом и титаномagnetитом, на отдельных участках развита зона вторичного сульфидного обогащения с борнитом и халькозином, второстепенные минералы представлены гематитом, сфалеритом, галенитом, самородной медью [2].

Прогноз возможности развития процессов кислотного дренажа и связанных с ним последствий осуществляется на этапе разведки месторождений и заключается в оценке потенциала кислотообразования и нейтрализующей способности геологических материалов Баймсской рудной зоны, а также изучении скорости формирования и состава дренажных вод в долговременном периоде.

Основой для прогноза состава потенциальных подотвальных вод являются результаты статических и кинетических тестов, проводимых для образцов (керна) представительных типов вмещающих пород месторождений. Статические тесты по выщелачиванию моделируют взаимодействие пород с атмосферными осадками, и в первом приближении состав полученных фильтратов соответствует составу потенциальных дренажных вод на начальном этапе складирования вмещающих пород (Synthetic Precipitation Leaching Procedure). Параллельно, в образцах определяют содержания сульфидной серы и карбонатного углерода для расчета кислотопродуцирующего и нейтрализующего потенциалов и их соотношения – коэффициента потенциала нейтрализации кислоты, на основе которого проводят классифицирование пород по склонности к кислотообразованию [5]. Моделирование состава дренажных вод в долгосрочном периоде хранения геологических материалов в отвалах осуществляется при проведении кинетических тестов, имитирующих процессы выветривания в лабораторных условиях (Humidity Cell Test). Основой является еженедельное взаимодействие образца с дистиллированной водой с контролем температуры и влажности на протяжении всего эксперимента, сбор и анализ еженедельных фильтратов [4].

Определение pH, минерализации и макросостава разовых и еженедельных фильтратов методами потенциометрии, кондуктометрии и объемного титрования, а также анализ содержаний основных катионов (K, Na) и микроэлементов методом ИСП-МС проводилось при участии автора на базе лабораторного комплекса кафедры геохимии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Результаты оценки коэффициента потенциала нейтрализации кислоты указывают на высокую вероятность формирования кислых дренажных вод при складировании в отвалы геологических материалов Баймсской рудной зоны - кислотопродуцирующая способность вмещающих пород месторождений на несколько порядков превосходит их возможности по нейтрализации образующейся кислоты [3]. Результаты оценки состава потенциальных подотвальных вод на начальном этапе (табл.1) свидетельствуют об отсутствии видимых признаков кислотообразования: значения pH фильтратов - от 7,0 до 8,1. Минерализация фильтратов 0,07-0,7 г/л, основную роль в составе играет сульфат-ион, его содержания варьируют от 59 до 93%, соответственно доля гидрокарбонат-иона не превышает 41%. По содержанию микроэлементов дренажные воды на этом этапе преимущественно низкометалльные, соответствуют составу природных вод территории (рис.1). Исключением являются породы зоны пиритовой оторочки с повышенным содержанием сульфидов, водные вытяжки которых характеризуются низкими значениями pH (4,3 - 4,5), минерализацией 0,6-1,5 г/л, содержанием сульфат-иона в растворе на уровне 98-100%. В